

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-105568

(43)公開日 平成6年(1994)4月15日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 2 N 2/00

B 8525-5H

B 2 3 Q 5/28

8107-3C

B 2 5 J 19/00

A 8611-3F

G 0 5 D 3/00

G 9179-3H

9274-4M

H 0 1 L 41/ 08

U

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全 8 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平4-253246

(22)出願日

平成4年(1992)9月22日

(71)出願人 000001993

株式会社島津製作所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

(72)発明者 太田泰能

京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会

社島津製作所三条工場内

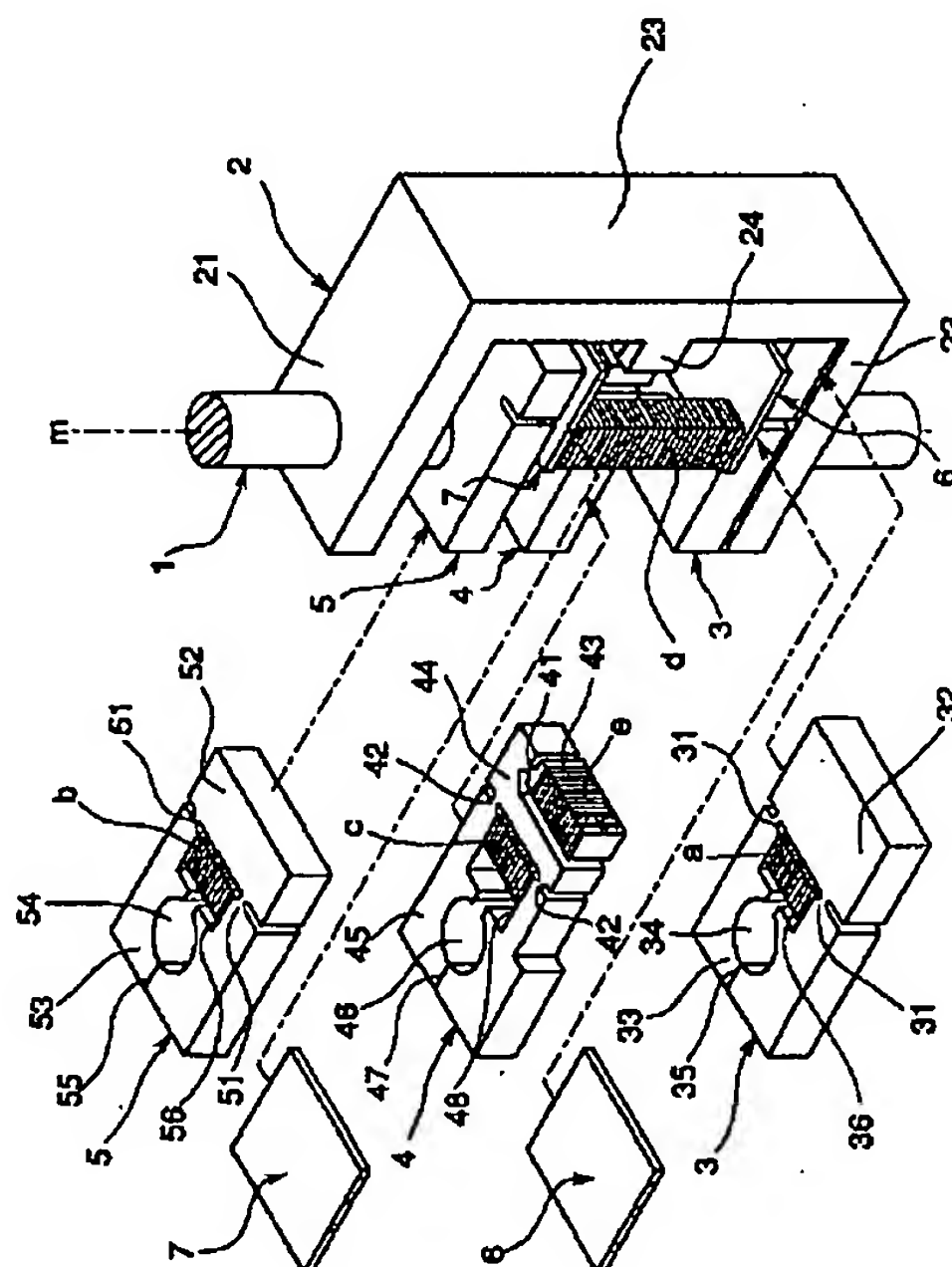
(74)代理人 弁理士 赤澤 一博

(54)【発明の名称】 インチワーム

(57)【要約】

【目的】回転形のインチワームを実現して従来の回転形アクチュエータよりも位置決め精度の向上、小形軽量化などを果たす。

【構成】固定子3および回転子4に作動杆たるアーム1を挿通し、圧電素子a、cを通じてそれらの素子3、4にアーム1をグリップ/解放させる。また、回転子4を付勢して固定子3に対しアーム1の軸心m周りに正逆駆動する圧電素子eを設ける。そして、それらの圧電素子a、c、eを共通のドライバでパルス駆動する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】略半径方向に拡張可能な孔を有しその孔に作動杆が挿入された固定子と、その固定子孔を拡張駆動する固定子用アクチュエータ要素と、略半径方向に拡張可能な孔を有しその孔に前記作動杆が挿入された回転子と、その回転子孔を拡張駆動する回転子用アクチュエータ要素と、前記回転子孔から偏位した部位に設けられ該回転子を前記固定子を足場にして作動杆の軸心回りに付勢する回転用アクチュエータ要素とを具備してなり、前記各アクチュエータ要素を駆動して前記回転子に前記固定子に対する正方向又は逆方向の微小回転運動を繰り返し与えることにより、作動杆をパルス状に回転駆動し得るように構成したことを特徴とするインチワーム。

【請求項2】略半径方向に拡張可能な孔を有しその孔に作動杆が挿入された固定子と、その固定子孔を拡張駆動する固定子用アクチュエータ要素と、略半径方向に拡張可能な孔を有しその孔に前記作動杆が挿入された移動子と、その移動子孔を拡張駆動する移動子用アクチュエータ要素と、前記移動子を前記固定子を足場にして作動杆の軸心方向に付勢する移動用アクチュエータ要素とを具備してなり、前記各アクチュエータ要素を駆動して前記移動子に前記固定子に対する正方向又は逆方向の微小直線運動を繰り返し与えることにより、作動杆をパルス状に進退駆動し得るように構成したことを特徴とするインチワーム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ロボット、マニピュレータ、テーブル等に組み込んでアクチュエータとして利用可能なインチワームに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】ロボットやマニピュレータには、多くのアクチュエータが組み込まれている。しかし、従来のアクチュエータには、リニア型、回転型ともに、モータ式、電磁式、超音波式などが一般に知られている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところが、それらのアクチュエータにはそれぞれ次のような欠点がある。先ず、AC・DCモータやステップモータに代表されるモータ式にあっては、AC・DCモータが高分解能の回転を得るために減速機を必要としそのバックラッシュにより高精度の位置決めができない欠点を有し、ステップモータがマイクロステップ駆動で高分解能の回転を得るようにしていることにより停止時に常時通電しておかなければならない欠点を有している。一方、電磁式や超音波式にあっては、高精度の位置決めを行うためにエンコーダを取り付けてフィードバックを行う必要があり、機構や制御が複雑になる欠点を有している。

【0004】これに対して、近時、圧電素子を用いたインチワーム式のものが考えられている。インチワーム式

によると、圧電素子を1パルスごとに駆動するためオープン制御でも正確な位置決めができ、停止時には圧電素子が被駆動体に保持力を作用させるため別段のロック機構を不要にでき、構成もコンパクトにできる効果が期待できる。しかし、現存するものはリニア型だけであって、その構造も比較的複雑なものであり、また回転型は未だ開発されるに至っていない。その上、従来においてロボットのアーム等に直線運動と回転運動の双方の動作を与えるためには、リニア型には上記インチワーム式を用いることができるにしても、回転型には既往のモータ式、電磁式あるいは超音波式のアクチュエータを用いざるを得ず、そのアクチュエータが有する欠点のほか、アクチュエータの種類が異なるために2種類のドライバが必要になるという新たな不具合が生じる。

【0005】本発明は、このような実状に鑑みてなされたものであって、比較的簡単な構造の回転型インチワームおよび固定型インチワームを開発し、それに基づいて叙述の不具合を一挙に解決することを目的としている。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、かかる目的を達成するために、次のような構成を採用したものである。

【0007】すなわち、本発明に係るインチワームは、先ず回転型として、略半径方向に拡張可能な孔を有しその孔に作動杆が挿入された固定子と、その固定子孔を拡張駆動する固定子用アクチュエータ要素と、略半径方向に拡張可能な孔を有しその孔に前記作動杆が挿入された回転子と、その回転子孔を拡張駆動する回転子用アクチュエータ要素と、前記回転子孔から偏位した部位に設けられ該回転子を前記固定子を足場にして作動杆の軸心回りに付勢する回転用アクチュエータ要素とを具備してなり、前記各アクチュエータ要素を駆動して前記回転子に前記固定子に対する正方向又は逆方向の微小回転運動を繰り返し与えることにより、作動杆をパルス状に回転駆動し得るように構成したことを特徴とする。

【0008】また、リニア型として、略半径方向に拡張可能な孔を有しその孔に作動杆が挿入された固定子と、その固定子孔を拡張駆動する固定子用アクチュエータ要素と、略半径方向に拡張可能な孔を有しその孔に前記作動杆が挿入された移動子と、その移動子孔を拡張駆動する移動子用アクチュエータ要素と、前記移動子を前記固定子を足場にして作動杆の軸心方向に付勢する移動用アクチュエータ要素とを具備してなり、前記各アクチュエータ要素を駆動して前記移動子に前記固定子に対する正方向又は逆方向の微小直線運動を繰り返し与えることにより、作動杆をパルス状に進退駆動し得るように構成したことを特徴とする。

## 【0009】

【作用】請求項1に係る発明の基本的な作用を、制御手段の一制御態様に沿ってステップ1～ステップ6の6段

階に分けて説明する。まず、初期状態で、固定子用アクチュエータを通じて固定子孔を縮径させ、回転子用アクチュエータを通じて回転子孔を縮径させ、回転用アクチュエータを縮退させておく。この状態で、作動杆は固定子および回転子にグリップされる。次に、ステップ1で固定子用アクチュエータ要素を通じて固定子孔を拡張させる。これにより、作動杆が固定子から開放され、回転子にのみグリップされた状態になる。そして、ステップ2で回転用アクチュエータ要素を伸長させて回転子を軸心回りに正回転付勢する。これにより、回転子が所定角度だけ回転し、このとき回転子にグリップされた作動杆も同一角度だけ回転する。その後、ステップ3で固定子用アクチュエータ要素を通じて固定子孔を縮径させるとともに、ステップ4で回転子用アクチュエータ要素を通じて回転子孔を拡張させる。これにより、作動杆が回転子から開放され固定子にのみグリップされる。その状態から、ステップ5で回転用アクチュエータ要素を縮退させて回転子を軸心回りに逆回転付勢する。これにより、作動杆がその位置に保持されたままで、回転子のみが所定角度だけ逆回転して元の位置に戻る。そして、最後に

ステップ6で回転子用アクチュエータ要素を通じて回転子孔を縮径させ、冒頭に述べた初期状態に戻る。以上のような動作が繰り返されることにより、作動杆はパルス状に正回転駆動されることになる。また、このような制御が逆に行われれば、作動杆の逆回転動作が実現される。

【0010】一方、請求項2に係る発明の作用を、制御手段の一制御態様に沿ってステップ1～ステップ6の6段階に分けて説明する。まず、初期状態で、固定子用アクチュエータを通じて固定子孔を縮径させ、移動子用アクチュエータを通じて移動子孔を縮径させ、移動用アクチュエータを縮退させておく。この状態で、作動杆は固定子および移動子にグリップされる。次に、ステップ1で固定子用アクチュエータ要素を通じて固定子孔を拡張させる。これにより、作動杆が固定子から開放され、移動子にのみグリップされた状態になる。そして、ステップ2で移動用アクチュエータ要素を伸長させて移動子を軸心方向に前進付勢する。これにより、移動子が所定ストロークだけ前進し、このとき移動子にグリップされた作動杆も同一ストロークだけ移動する。その後、ステップ3で固定子用アクチュエータ要素を通じて固定子孔を縮径させるとともに、ステップ4で移動子用アクチュエータ要素を通じて移動子孔を拡張させる。これにより、作動杆が移動子から開放され固定子にのみグリップされる。その状態から、ステップ5で移動用アクチュエータ要素を縮退させて移動子を軸心方向に後退付勢する。これにより、作動杆がその位置に保持されたままで、移動子のみが所定ストロークだけ移動して元の位置に戻る。そして、最後にステップ6で移動子用アクチュエータ要素を通じて移動子孔を縮径させ、冒頭に述べた初期状態

に戻る。以上のような動作が繰り返されることにより、作動杆はパルス状に前進駆動されることになる。また、このような制御が逆に行われれば、作動杆の後退動作が実現される。

【0011】

【実施例】以下、本発明の実施例を、図面を参照して説明する。

【0012】このインチwormは、図1に示すように、ガイド2に固定子3、固定子用アクチュエータ要素たる圧電素子a、回転子4、回転子用アクチュエータ要素たる圧電素子c、回転用アクチュエータたる圧電素子e、移動子5、移動子用アクチュエータ要素たる圧電素子b、並びに、移動用アクチュエータ要素たる圧電素子dを組み込み、それらの適宜位置に作動杆たる軸状のアーム1を挿通してなる。

【0013】ガイド2は、頂板部21、底板部22および側板部23からなる側面視コ字形をなすもので、頂板部21と底板部22にそれぞれ前記アーム1が挿通されている。側板部23の側縁中央には突片24が突設されている。

【0014】固定子3は、図1～図3に示すように、ヒンジ部31によって連結された基端部32および先端部33と、その先端部33の中央に肉厚方向に穿設された軸挿通用の固定子孔34と、先端部33を左右に分断して固定子孔34を先端側に開放する切込み35と、前記固定子孔34と前記ヒンジ部31との間に穿設された矩形孔36とを具備してなるもので、その矩形孔36に前記圧電素子aを組み込んだ状態で基端部32をガイド2の内周に固着し、その固定子孔34にアーム1を挿通させている。この圧電素子aには例えばPZT（登録商標）が用いられ、その作動方向は、図6および図7に示すように前記ヒンジ部31を支点にして先端部33を左右に押し開く方向に設定されている。すなわち、印加電圧がLレベルのときは図6に示す位置に縮退して固定子孔34を縮径させその結果固定子孔34にアーム1をグリップさせるとともに、印加電圧がHレベルのときは図7に示す位置まで伸長して固定子孔34を拡張させその固定子孔34からアーム1を解放するようになっている。

【0015】回転子4は、図1、図2及び図4に示すように、ヒンジ部41、42によって連結された基端部43、中間部44および先端部45と、その先端部45の中央に肉厚方向に穿設された軸挿通用の回転子孔46と、先端部45を左右に分断して固定子孔46を先端側に開放する切込み47と、前記回転子孔46と前記ヒンジ部42との間に穿設された矩形孔48とを具備してなるもので、その矩形孔48に前記圧電素子cを組み込むとともに、基端部43に圧電素子eの一端を固着している。そして、圧電素子eの他端をガイド2の突片24に固着し、その状態で、回転子孔46にアーム1を挿通さ



5

せている。圧電素子c、eは例えばPZTで、圧電素子cの作動は、印加電圧がLレベル（Hレベル）のときに縮退（伸長）してヒンジ部42を支点にして図6（図7）に示すように回転子孔46の縮径動作（拡張動作）すなわちアーム1に対するグリップ動作（解放動作）を随伴させ、圧電素子eの作動は、印加電圧がLレベル（Hレベル）のときに突片24を足場にしてアーム1の軸心mに対して垂直な方向に縮退（伸長）し図11（図13）に示すように回転子4の基端43を基準位置（回転位置）に保持するようになっている。なお、この圧電素子eが作動するときは、ヒンジ部41が変形しながら基端部43と中間部44の連結部分の歪みを吸収する。

【0016】移動子5は、図1、図2及び図5に示すように、ヒンジ部51によって連結された基端部52および先端部53と、その先端部53の中央に肉厚方向に穿設された軸挿通用の移動子孔54と、先端部53を左右に分断して固定子孔54を先端側に開放する切込み55と、前記移動子孔54と前記ヒンジ部51との間に穿設された矩形孔56とを具備してなるもので、その矩形孔56に圧電素子bを組み込んだ状態で、その移動子孔54にアーム1を挿通させるとともに、その移動子5と前記固定子3の互いに対向する面の間に圧電素子dを介挿している。圧電素子b、dは例えばPZTで、圧電素子bの作動は、印加電圧がLレベル（Hレベル）のときに縮退（伸長）してヒンジ部51を支点にして図6（図7）に示すように移動子孔54の縮径動作（拡張動作）すなわちアーム1に対するグリップ動作（解放動作）を随伴させ、圧電素子dの作動は、印加電圧がLレベル（Hレベル）のときに固定子3を足場にしてアーム1の軸心m方向に縮退（伸長）し図20（図21）に示すように移動子5を基準位置（ストローク位置）に保持するようになっている。

【0017】なお、6、7はそれぞれ圧電素子dを装着するためのプレートであって、一方のプレート6は前記固定子3の面に添設されてその先端部33の動作を妨げない部位を固着され、他方のプレート7は前記移動子5の面に添設されてその先端部53の動作を妨げない部位を固着されている。

【0018】ここにおいて、図8はインチワームを回転駆動する際の制御の概要をタイムチャートで示し、図10～図17はその際の回転子4の作動の様子を移動子5を省略して示している。以下、これらの図に沿って、本実施例の作動を説明する。

【0019】先ず、図8を見ると、この制御は6つのステップからなっている。初期状態では、各アクチュエータa～eの印加電圧は全てLレベル（あるいは無通電）とされ、圧電素子a、c、bがそれぞれ固定子孔34、回転子孔46、移動子孔54を縮径させて、それらの孔34、46、54にアーム1をグリップさせ、圧電素子dは移動子5を基準位置に保持し、圧電素子eは回転子

6

4を基準位置に保持している。次に、ステップ1で圧電素子a、bの印加電圧をHレベルにし、固定子孔34および移動子孔54を拡張させてアーム1を解放する。これにより、アーム1は回転子4にのみグリップされた状態になる（図10および図11）。そして、ステップ2で圧電素子eの印加電圧をHレベルにする。これにより、回転子4がアーム1の軸心m回りに回転位置まで駆動され、このとき回転子4にグリップされたアーム1も同一角度だけ回転する（図12および図13）。その後、ステップ3で圧電素子aの印加電圧をLレベルに落とすとともに、ステップ4で圧電素子cの印加電圧をHレベルにする。これにより、アーム1が固定子3にのみグリップされた状態になる（図14および図15）。そして、ステップ5で圧電素子eの印加電圧をLレベルに落として回転子4を軸心m回りに基準位置まで逆回転させる（図16および図17）。このとき、アーム1は固定子3にのみグリップされているので不動である。そして、最後にステップ6で圧電素子cの印加電圧をLレベルに落として、圧電素子b以外の全ての圧電素子a、c～eの印加状態を初期状態に戻す。圧電素子b、dは後述するリニア駆動用であるためここでは回転動作を妨げないように常にHレベルまたはLレベルに保持される。以上のようにして、ステップ1～6の1サイクルで図11の位置にあったアーム1上のX点が図17の位置まで移動したことになり、このようなサイクルを繰り返すことにより、アーム1をパルス状に回転駆動することが可能となる。図9は図8のチャートとほぼ左右対称をなしており、このチャートに沿って圧電素子a～eを制御することによりアーム1の逆回転駆動を実現することができる。

【0020】一方、図18はインチワームをリニア駆動する際の制御の概要をタイムチャートで示し、図20～図23はその際の移動子5の作動の様子を回転子4を省略して示している。

【0021】先ず、図18を見ると、この制御も6つのステップからなっている。初期状態では、各アクチュエータa～eの印加電圧は全てLレベル（あるいは無通電）とされ、圧電素子a、c、bがそれぞれ固定子孔34、回転子孔46、移動子孔54を縮径させて、それらの孔34、46、54にアーム1をグリップさせ、圧電素子dは移動子5を基準位置に保持し、圧電素子eは回転子4を基準位置に保持している。次に、ステップ1で圧電素子a、cの印加電圧をHレベルにし、固定子孔34および回転子孔46を拡張させてアーム1を解放する。これにより、アーム1は移動子5にのみグリップされた状態になる（図20）。そして、ステップ2で圧電素子dの印加電圧をHレベルにする。これにより、移動子5がアーム1の軸心m方向に所定ストローク位置まで付勢され、このとき移動子5にグリップされたアーム1も同一ストロークだけ移動する（図21）。その後、ス

7

ステップ3で圧電素子aの印加電圧をLレベルに落とすと同時に、ステップ4で圧電素子bの印加電圧をHレベルにする。これにより、アーム1が固定子3にのみグリップされた状態になる(図22)。そして、ステップ5で圧電素子dの印加電圧をLレベルに落として移動子5を軸心mに沿って基準位置まで逆ストロークさせる(図23)。このとき、アーム1は固定子3にのみグリップされているので不動である。そして、最後にステップ6で圧電素子bの印加電圧をLレベルに落として、圧電素子c以外の全ての圧電素子a、b、d、eの印加状態を初期状態に戻す。圧電素子c、eは前述した回転駆動用であるためここではリニア動作を妨げないよう常にHレベルまたはLレベルに保持される。以上のようにして、ステップ1～6の1サイクルで図20の位置にあったアーム1上のY点が図23の位置まで移動したことになり、このようなサイクルを繰り返すことにより、アーム1をパルス状にリニア駆動することが可能となる。図19は図18のチャートとほぼ左右対称をなしており、このチャートに沿って圧電素子a～eを制御することによりアーム1の逆方向のリニア駆動を実現することができる。

【0022】以上のようにして、図示インチワームは、アクチュエータ要素として圧電素子a～eのみを用い、それらのパルス駆動を通じてアーム1の回転動作だけではなくリニア動作をも実現するものであるから、オープン制御でも正確な位置決めができ、停止時には圧電素子a～eからアーム1に保持力が作用するため別段のロック機構を不要にでき、アクチュエータとしての全体構成も各圧電素子a～e自体が小形、軽量であることに加えて回転動作とリニア動作の双方を単一のインチワームが果たすことで、回転形とリニア形とで別異のアクチュエータを採用する場合に比べて全体の小形、軽量化を更に促進することができ、また、これに伴ってアーム1に対する負荷軽減の効果も果たされる。また、図示インチワームは単一のドライバのみによって駆動できるため、2種類のドライバを必要とする場合に比べて全体の小形、軽量化を一層促進することが可能になる。さらにまた、本実施例によれば、各圧電素子a～eへの電圧印加の周期及び電圧の大きさを変えることで、インチワームの作動速度を容易に設定できる利点も得られる。

【0023】なお、本発明は上述した実施例のみに限定されるものではない。例えば、前記実施例においてアーム1を固定すれば、インチワーム自体に回転およびリニア動作を行わせることができる。また、回転動作のみを行うインチワームを構成する場合には、移動子5、圧電素子b、dをそれぞれ撤去し残った圧電素子a、c、eに対して同様の制御を行えばよい。同様の趣旨で回転動作のみを行わせるように構成することもできる。さらに、上記実施例ではアクチュエータ要素としてPZTを用いたが、それ以外のアクチュエータ要素、例えば形状記憶合金や磁歪素子などの機能素子、あるいはソレノイ

8

ドのような電磁アクチュエータを用いることもできる。その他の構成も、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形が可能である。

【0024】

【発明の効果】本発明に係るインチワームは、以上説明したように、圧電素子等のアクチュエータ要素を用い、それらのパルス駆動を通じて作動杆の回転動作を実現するものであるから、オープン制御でも正確な位置決めができ、停止時にはそれらのアクチュエータ要素から作動杆に保持力を作用させることが容易であって別段のロック機構を不要にでき、アクチュエータとしての全体構成も各アクチュエータ要素自体に比較的小形、軽量なものを用いることができるため、従来の回転型アクチュエータに比べて小形、軽量化を果たし、また作動杆に対する負荷軽減を果たすことができる。以上の効果はリニア型においても同様である。また、上記の回転型とリニア型とを併合し、双方の動作を単一のインチワームで実現するように構成した場合には、固定子や固定子用アクチュエータ要素、さらにドライバをも共用できることから、回転形とリニア形とで別異のアクチュエータを構成する場合に比べて全体のコンパクト化および作動杆に対する負荷軽減の効果を一層促進する効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す分解斜視図。

【図2】同実施例の正面図。

【図3】図2におけるIII-III線断面図。

【図4】図2におけるIV-IV線断面図。

【図5】図2におけるV-V線断面図。

【図6】同実施例における圧電素子a、b、cの作用説明図。

【図7】図6に対応した作用説明図。

【図8】同実施例においてアームを正転駆動する時の制御の概要を示すチャート図。

【図9】同実施例においてアームを逆転駆動する時の制御の概要を示すチャート図。

【図10】同実施例においてアームを回転駆動する時の固定子と回転子の様子を示す一部省略した正面図。

【図11】同実施例においてアームを回転駆動する時の回転子の様子を示す図4に対応した底面図。

【図12】図10に対応した作用説明図。

【図13】図11に対応した作用説明図。

【図14】図10に対応した作用説明図。

【図15】図11に対応した作用説明図。

【図16】図10に対応した作用説明図。

【図17】図11に対応した作用説明図。

【図18】同実施例においてアームを正方向へリニア駆動する時の制御の概要を示すチャート図。

【図19】同実施例においてアームを逆方向へリニア駆動する時の制御の概要を示すチャート図。

【図20】同実施例においてアームをリニア駆動する時

の全体の様子を示す図。

【図21】図20に対応した作用説明図。

【図22】図20に対応した作用説明図。

【図23】図20に対応した作用説明図。

【符号の説明】

1…作動杆（アーム）

3…固定子

4…回転子

5…移動子

34…固定子孔

46…回転子用孔

54…移動子孔

a…固定子用アクチュエータ要素（圧電素子）

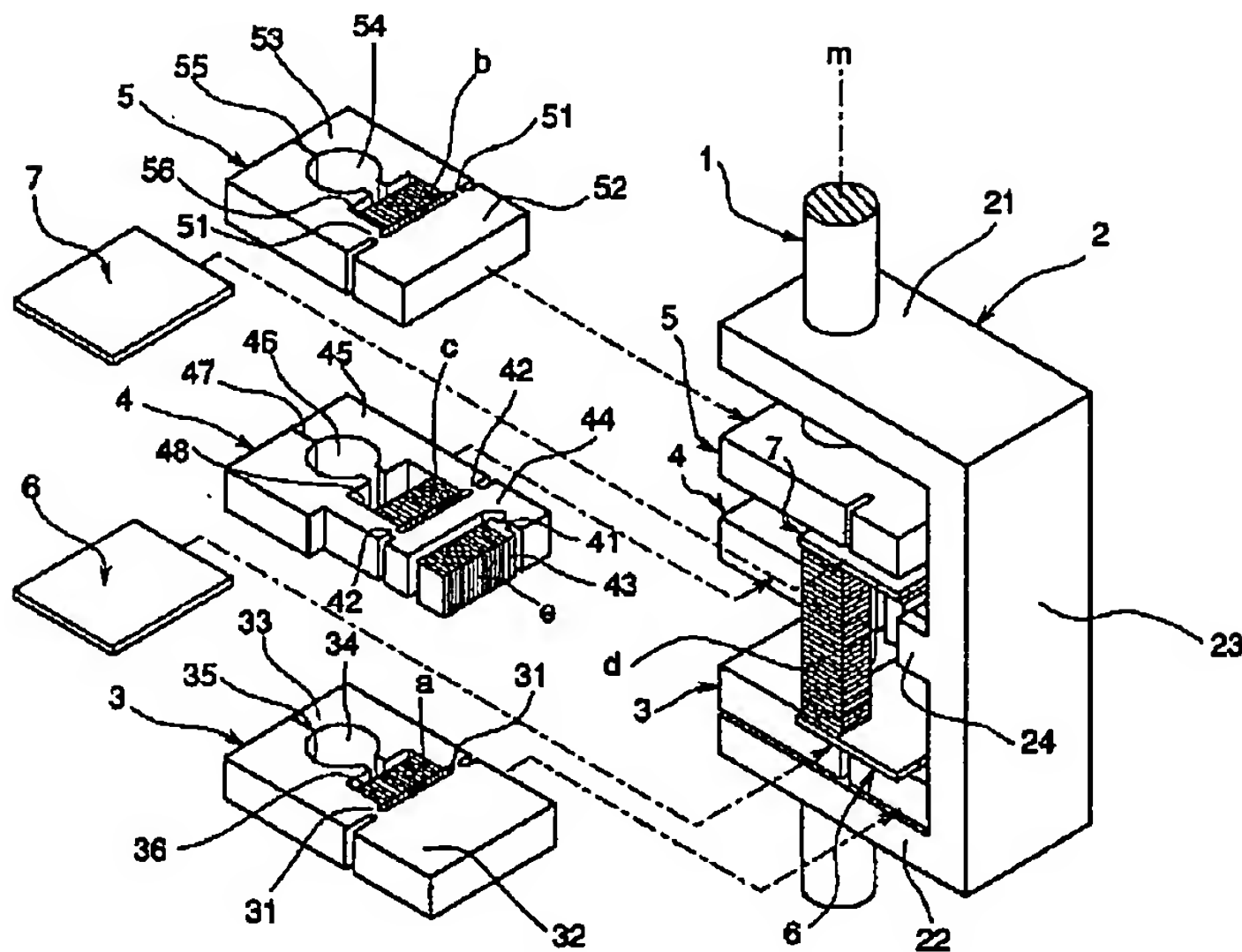
b…移動子用アクチュエータ要素（圧電素子）

c…回転子用アクチュエータ要素（圧電素子）

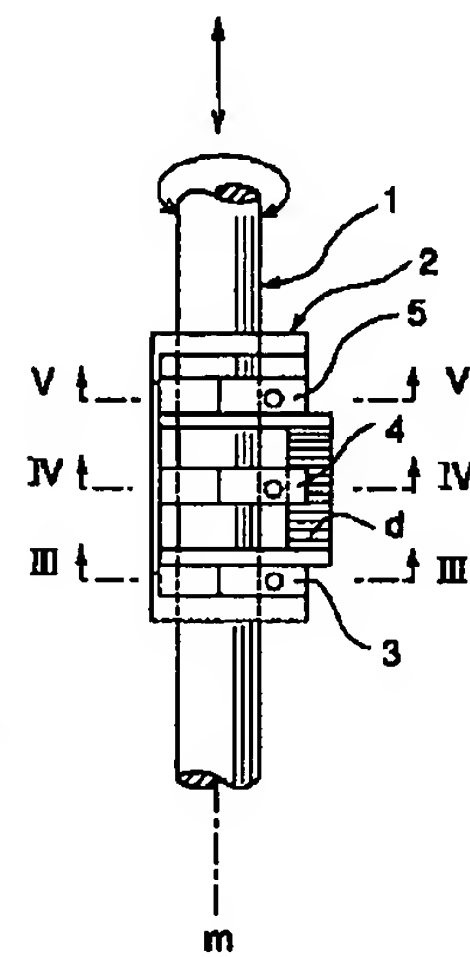
d…移動用アクチュエータ要素（圧電素子）

e…回転用アクチュエータ要素（圧電素子）

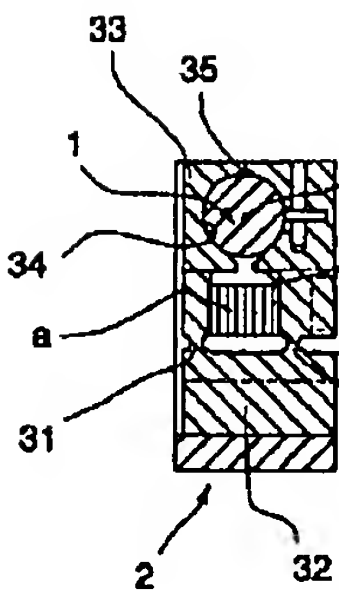
【図1】



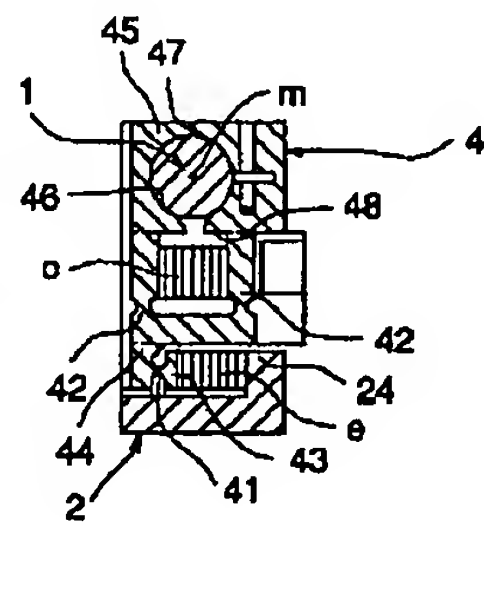
【図2】



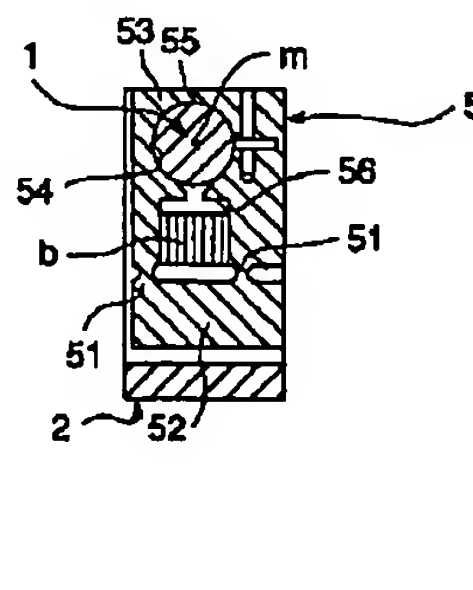
【図3】



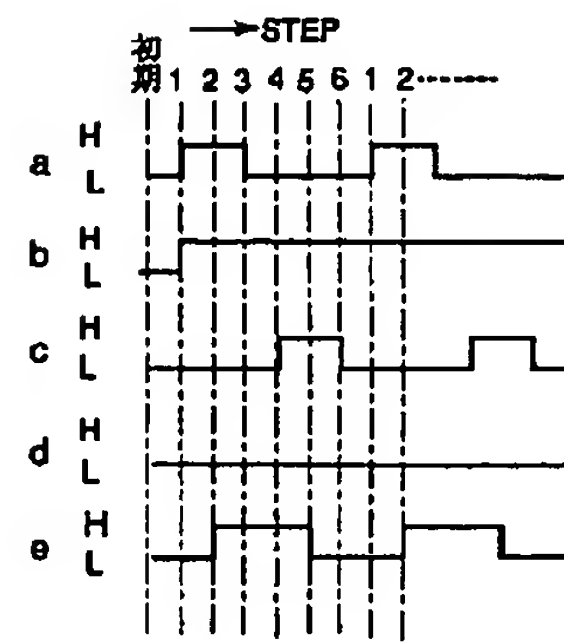
【図4】



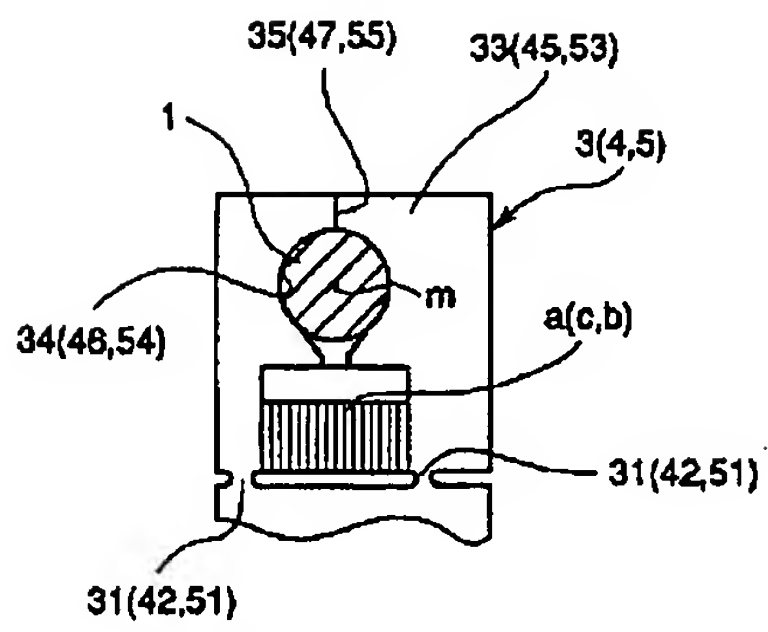
【図5】



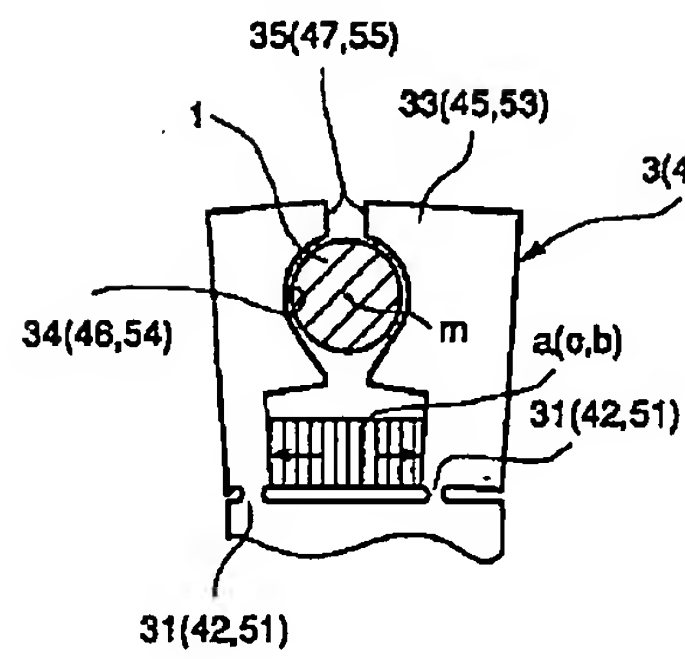
【図8】



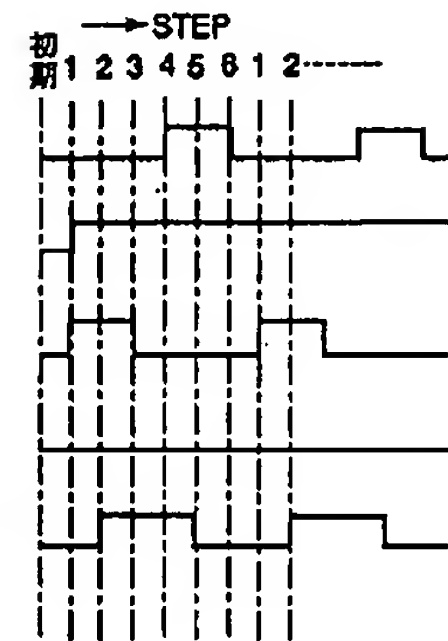
【図6】



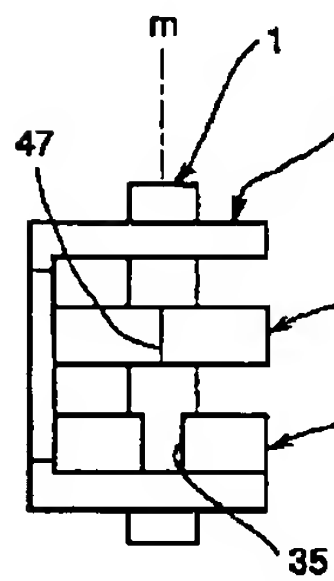
【図7】



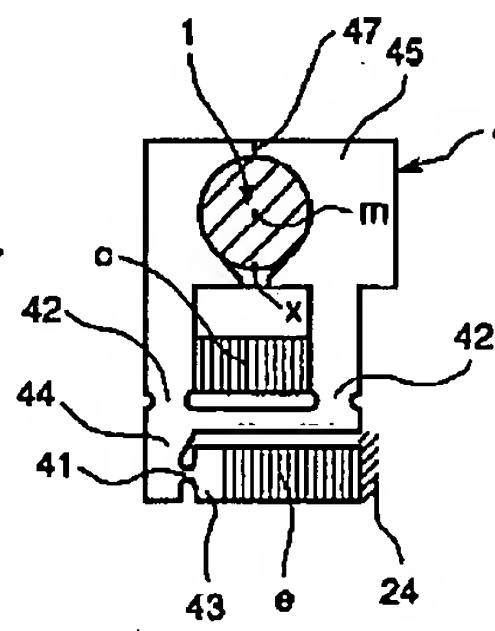
【図9】



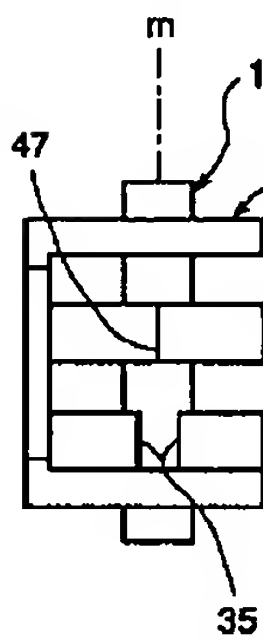
【図10】



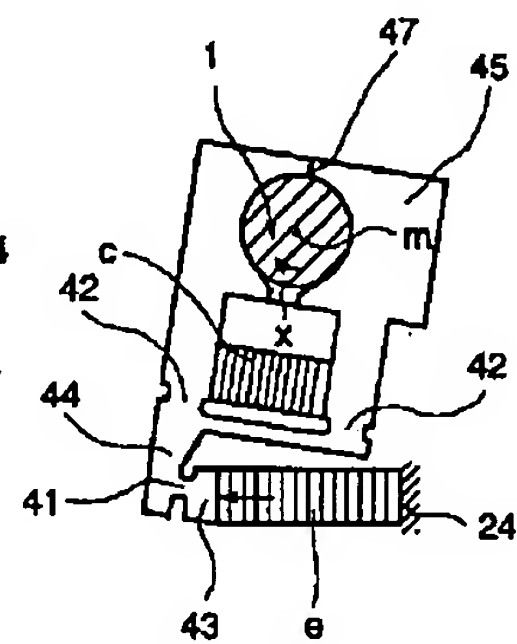
【図11】



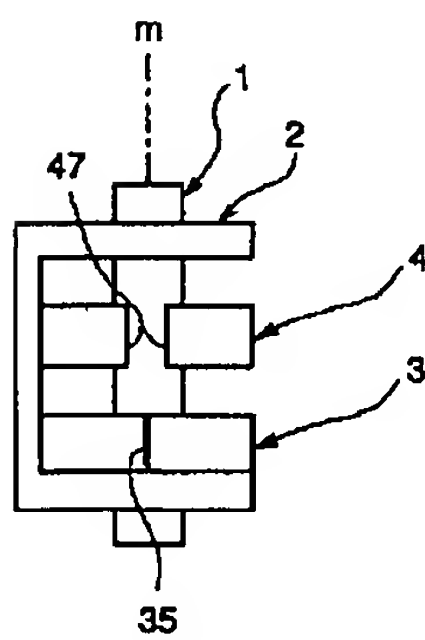
【図12】



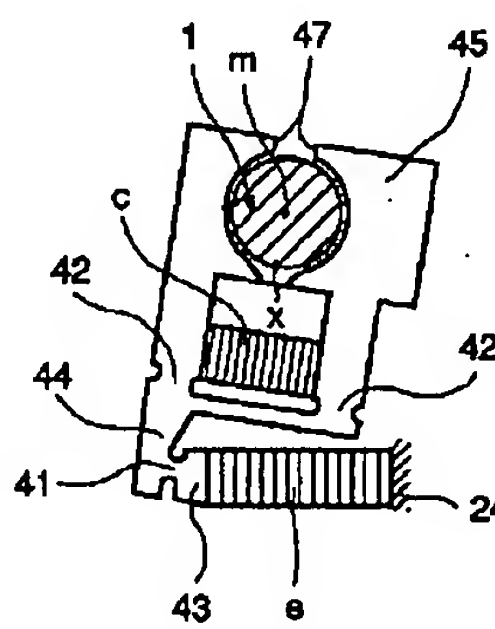
【図13】



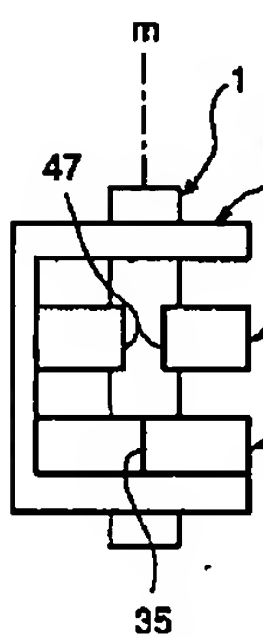
【図14】



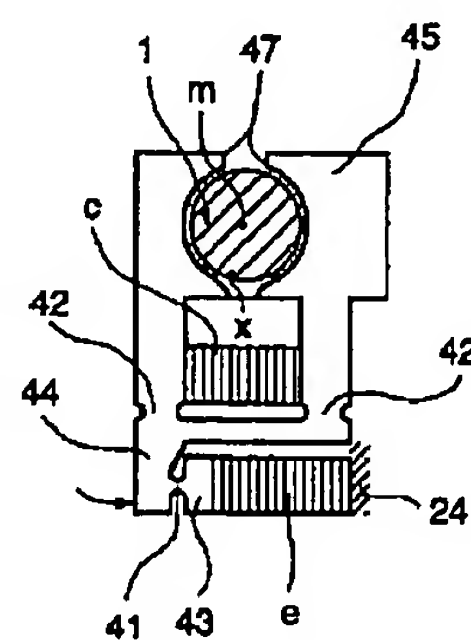
【図15】



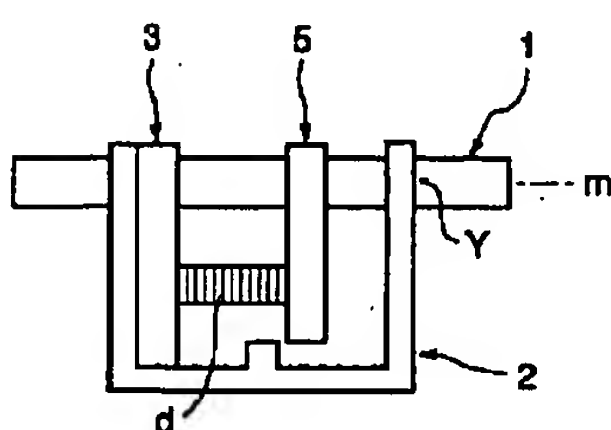
【図16】



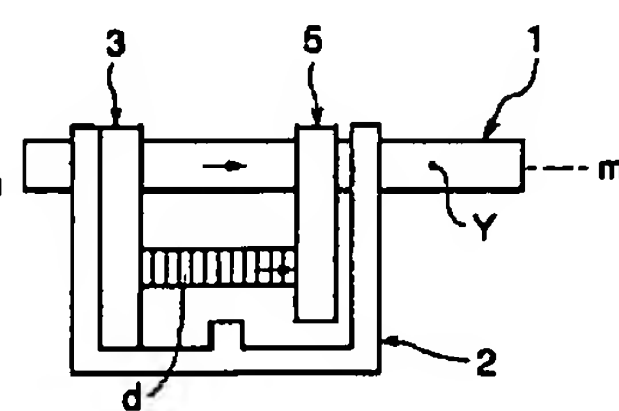
【図17】



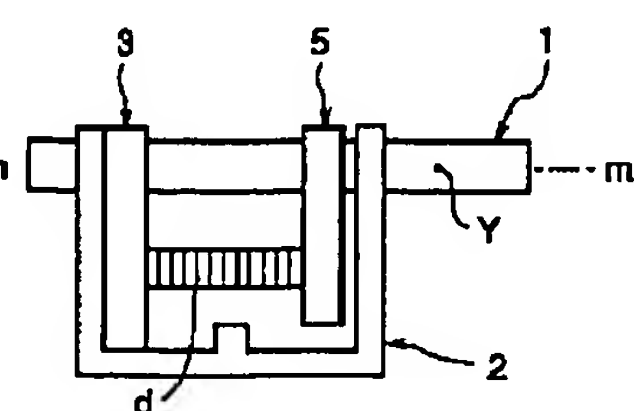
【図20】



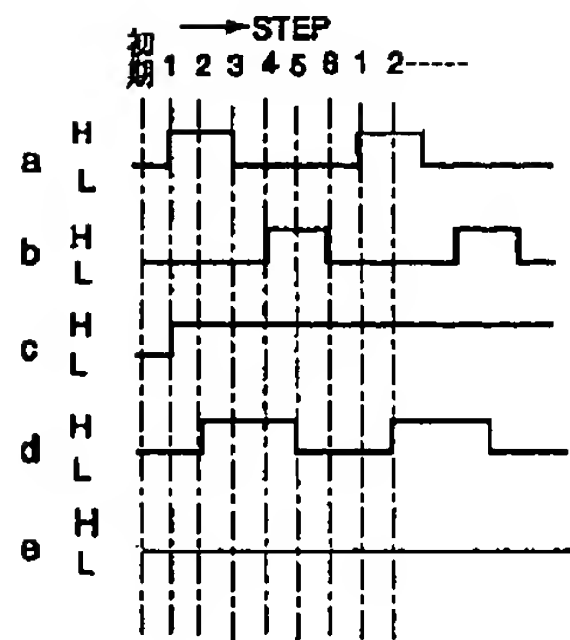
【図21】



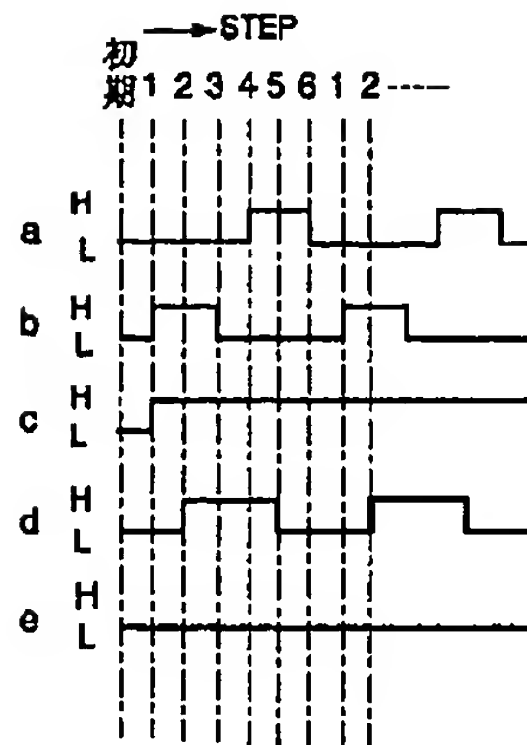
【図22】



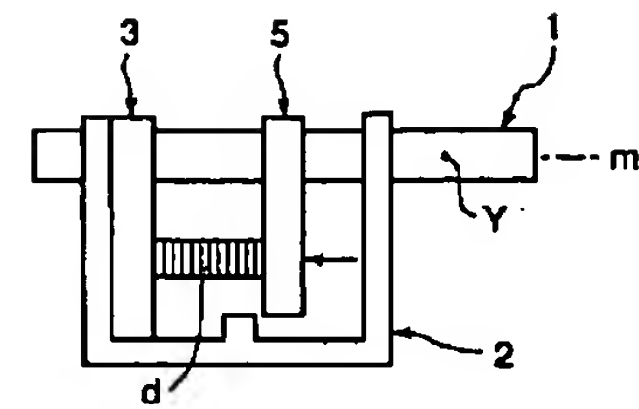
【図18】



【図19】



【図23】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>  
H01L 41/09

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所